

S2820

- 1 -

JC20 Rec'd PCT/PTO 27 MAY 2005

## Patent claims

1. A method for the correction of signal distortions in an amplifier device (20), with the following steps:
- 5 producing a digital PWM reference signal (16) from PWM data (12) in a first PWM modulator (15), which is controlled with a predetermined system clock (14) and triggered at a predetermined PWM pulse rate (13);
- 10 producing a digital PWM signal (19) from the PWM data (12) in a second pulse width modulator (17), which is controlled with the variable-frequency system clock (18) and triggered at the predetermined PWM pulse rate (13);
- 15 amplifying the digital PWM signal (19) in the amplifier device (20);
- 20 determining an amplifier deviation (27) from the digital PWM reference signal (16) and an amplified digital PWM signal (23) in a summation device (25);
- 25 producing a controlled variable (29) from the amplifier deviation (27) in a control device (28);
- 30 feeding the controlled variable (29) to a control input of a variable-frequency device (30); and
- producing the variable-frequency system clock (18) in the variable-frequency device (30).
- 35 2. The method as claimed in claim 1, wherein the PWM data (12) are produced from a digital signal (10) in a digital circuit (11).

3. The method as claimed in claim 2, wherein the PWM data (12) are produced in the digital circuit (11) from the digital signal (10), preferably a PCM-modulated digital audio signal, in such a way that with each clock of the predetermined PWM pulse rate (13) a quantized item of PWM information is calculated.
4. The method as claimed in one of the preceding claims, wherein the variable-frequency device (30) is a VCO or CCO, which is preferably likewise synchronized with the predetermined PWM pulse rate (13).
5. The method as claimed in one of the preceding claims, wherein the digital PWM reference signal (16) and/or the amplified digital PWM signal (23) pass(es) through a filter device (24; 26) before the amplifier deviation (27) is determined.
6. The method as claimed in one of the preceding claims, wherein the amplifier device (20) is designed with an H-bridge circuit and/or as a class-D amplifier.
7. The method as claimed in one of the preceding claims, wherein the control device (28) is designed in such a way that the controlled variable (29) sets the frequency of the variable-frequency device (30) such that the difference between the digital PWM reference signal (16) and the amplified digital PWM signal (23) becomes minimal.
8. The method as claimed in one of the preceding claims 2 to 8, wherein the amplified digital PWM signal (23) is fed to an acoustic sound transducer

(32), preferably via a filter device (31), such as in particular a low-pass filter.

- 5        9. The method as claimed in claim 8, wherein a  
loudspeaker signal (33), preferably filtered via a  
further filter device (26), is likewise used for  
determining the amplifier deviation (27) from the  
digital PWM reference signal (16) and the amplified  
digital PWM signal (23).
- 10       10. The method as claimed in one of the preceding  
claims, wherein the variable-frequency system clock  
(18) is compared with the predetermined system  
clock (14) in a phase detector (34), in order to  
15       determine a phase difference (36), which is  
filtered in a filter device (35) and then added to  
the controlled variable (29).
- 20       11. The method as claimed in one of the preceding  
claims, wherein the variable-frequency system clock  
(18) is compared with the predetermined system  
clock (14) in a phase detector (34), in order to  
determine a phase difference (36), which is added  
to the controlled variable (29) and filtered in an  
25       additional filter device (35), in order to be  
applied to the control input of the variable-  
frequency device (30).
- 30       12. The method as claimed in claim 10, wherein the  
phase difference (36) of the variable-frequency  
device (30), preferably a VCO, is fed via a  
modulation input.
- 35       13. The method as claimed in one of the preceding  
claims, wherein the frequency of the variable-  
frequency system clock (18) of the digital PWM  
modulator (17) is varied continuously over time.

14. The method as claimed in one of the preceding  
claims, wherein the frequency of the variable-  
frequency system clock (18) of the digital PWM  
5 modulator (17) is varied at discrete times.

15. A device for the correction of signal distortions  
in an amplifier circuit (20) with:

10 a first pulse width modulator (15) for producing a  
digital PWM reference signal (16) from PWM data  
(12), which modulator is controlled with a  
predetermined system clock (14) and triggered at a  
predetermined PWM pulse rate (13);

15 a second pulse width modulator (17) for producing a  
digital PWM signal (19) from the PWM data (12),  
which modulator is controlled with a variable-  
frequency system clock (18) and triggered at the  
20 predetermined PWM pulse rate (13);

the amplifier device (20) for amplifying the  
digital PWM signal (19);

25 a device (25) for determining an amplifier  
deviation (27) from the digital PWM reference  
signal (16) and an amplified digital PWM signal  
(23);

30 a control device (28) for producing a controlled  
variable (29) from the amplifier deviation (27);  
and

35 a variable-frequency device (30) for producing the  
variable-frequency system clock (18) from the  
controlled variable (29).

# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

Absender: MIT DER INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN  
PRÜFUNG BEAUFTRAGTE BEHÖRDE

## PCT

An:

CHARLES, Glyndwr;  
Reinhard, Skuhra, Weise & Partner G  
Friedrichstrasse 31;  
80801 München  
ALLEMAGNE

**Eingegangen**  
Reinhard • Skuhra • Weise

24. Nov. 2004

MITTEILUNG ÜBER DIE ÜBERSENDUNG  
DES INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN  
PRÜFUNGSBERICHTS  
(Regel 71.1 PCT)

Absendedatum  
(Tag/Monat/Jahr)

22.11.2004

Frist

Int. 01.12.2004 uole

Erl.

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts  
S2820 GC/sta

### WICHTIGE MITTEILUNG

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 03/11954

Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr)  
28.10.2003

Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)  
27.11.2002

Anmelder

INFINEON TECHNOLOGIES AG et al

1. Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß ihm die mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde hiermit den zu der internationalen Anmeldung erstellten internationalen vorläufigen Prüfungsbericht, gegebenenfalls mit den dazugehörigen Anlagen, übermittelt.
2. Eine Kopie des Berichts wird - gegebenenfalls mit den dazugehörigen Anlagen - dem Internationalen Büro zur Weiterleitung an alle ausgewählten Ämter übermittelt.
3. Auf Wunsch eines ausgewählten Amtes wird das Internationale Büro eine Übersetzung des Berichts (jedoch nicht der Anlagen) ins Englische anfertigen und diesem Amt übermitteln.

#### 4. ERINNERUNG

Zum Eintritt in die nationale Phase hat der Anmelder vor jedem ausgewählten Amt innerhalb von 30 Monaten ab dem Prioritätsdatum (oder in manchen Ämtern noch später) bestimmte Handlungen (Einreichung von Übersetzungen und Entrichtung nationaler Gebühren) vorzunehmen (Artikel 39 (1)) (siehe auch die durch das Internationale Büro im Formblatt PCT/IB/301 übermittelte Information).

Ist einem ausgewählten Amt eine Übersetzung der internationalen Anmeldung zu übermitteln, so muß diese Übersetzung auch Übersetzungen aller Anlagen zum internationalen vorläufigen Prüfungsbericht enthalten. Es ist Aufgabe des Anmelders, solche Übersetzungen anzufertigen und den betroffenen ausgewählten Ämtern direkt zuzuleiten.

Weitere Einzelheiten zu den maßgebenden Fristen und Erfordernissen der ausgewählten Ämter sind Band II des PCT-Leitfadens für Anmelder zu entnehmen.

Der Anmelder wird auf Artikel 33(5) hingewiesen, in welchem erklärt wird, daß die Kriterien für Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit, die im Artikel 33(2) bis (4) beschrieben werden, nur für die internationale vorläufige Prüfung Bedeutung haben, und daß "jeder Vertragsstaat (...) für die Entscheidung über die Patentfähigkeit der beanspruchten Erfindung in diesem Staat zusätzliche oder abweichende Merkmale aufstellen" kann (siehe auch Artikel 27(5)). Solche zusätzlichen Merkmale können z.B. Ausnahmen von der Patentierbarkeit, Erfordernisse für die Offenbarung der Erfindung sowie Klarheit und Stützung der Ansprüche betreffen.

Name und Postanschrift der mit der internationalen Prüfung beauftragten Behörde



Europäisches Patentamt  
D-80298 München  
Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d  
Fax: +49 89 2399 - 4465

Bevollmächtigter Bediensteter

Voye, A

Tel. +49 89 2399-8003



# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

## PCT



### INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT (Artikel 36 und Regel 70 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts S2820 GC/sta	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/PEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/EP 03/11954	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 28.10.2003	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 27.11.2002
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK H03F3/217		
Anmelder INFINEON TECHNOLOGIES AG et al		

- Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
- Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 4 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.  
  
☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).  
  
 Diese Anlagen umfassen insgesamt 5 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Bescheids
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Regel 66.2 a)ii) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☐ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☐ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags  25.06.2004	Datum der Fertigstellung dieses Berichts  22.11.2004
Name und Postanschrift der mit der internationalen Prüfung beauftragten Behörde   Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter  Agerbaek, T  Tel. +49 89 2399-8692 

**INTERNATIONALER VORLÄUFIGER  
PRÜFUNGSBERICHT**

JC20 Rec'd PCT/PTO 27 MAY 2005

Internationales Aktenzeichen PCT/EP 03/11954

**I. Grundlage des Berichts**

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):

**Beschreibung, Seiten**

1-12 in der ursprünglich eingereichten Fassung

**Ansprüche, Nr.**

1-15 eingegangen am 05.11.2004 mit Schreiben vom 02.11.2004

**Zeichnungen, Blätter**

1/2-2/2 in der ursprünglich eingereichten Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um:

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung,      Seiten:
- ☐ Ansprüche,      Nr.:
- ☐ Zeichnungen,      Blatt:

# INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP 03/1954

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

*(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen.)*

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

## V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

- |                                |                     |
|--------------------------------|---------------------|
| 1. Feststellung                |                     |
| Neuheit (N)                    | Ja: Ansprüche 1-15  |
|                                | Nein: Ansprüche -   |
| Erfinderische Tätigkeit (IS)   | Ja: Ansprüche 1-15  |
|                                | Nein: Ansprüche -   |
| Gewerbliche Anwendbarkeit (IA) | Ja: Ansprüche: 1-15 |
|                                | Nein: Ansprüche: -  |

2. Unterlagen und Erklärungen:

**siehe Beiblatt**



**Zu Punkt I**

**Grundlage des Bescheides**

1. Es wird auf die folgenden Dokumente verwiesen:

- D1: US-A-6 124 757 (NEWY CHRISTOPHER) 26. September 2000 (2000-09-26)  
D2: US-B-6 278 301 (JONES III ROY CLIFTON ET AL) 21. August 2001 (2001-08-21)  
D3: TAN M T ET AL: "A novel self-error correction pulse width modulator for a class D amplifier for hearing instruments" CIRCUITS AND SYSTEMS, 1998. ISCAS '98. PROCEEDINGS OF THE 1998 IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MONTEREY, CA, USA 31 MAY-3 JUNE 1998, NEW YORK, NY, USA, IEEE, US, 31. Mai 1998 (1998-05-31), Seiten 261-264, XP010289656 ISBN: 0-7803-4455-3

**Zu Punkt V**

**Begründete Feststellung hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung**

2. Die vorliegende Anmeldung erfüllt die Erfordernisse der Artikel 33(2) und (3) PCT:

D1 (US-A-6 124 757) offenbart einen Klasse-D Verstärker mit einer frequenzmodulierten PWM-Clock-Frequenz, zur Kompensation von versorgungsspannungsverursachten Fehlern; in D2 (US-B-6 278 301) wird zwar die Taktfrequenz moduliert, aber nicht zur Korrektur von Signalverzerrungen, sondern zum Spreizen von Schaltrauschen (Spread spectrum modulation); in D3 (TAN M T ET AL) wird das Dreieck-Referenzsignal fehlerkompensiert. Keines der Dokumente D1-3 offenbart die beanspruchte Fehlerkorrektur durch einen auf der Verstärkerabweichung basierten, variablen Systemtakt.

3. Die Anmeldung erfüllt die Erfordernisse des Artikel 33 (4) PCT, weil der Gegenstand der Ansprüche gewerblich anwendbar ist.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Korrektur von Signalverzerrungen in einer Verstärkereinrichtung (20) mit den folgenden Schritten:

Erzeugen eines digitalen PWM-Referenzsignals (16) aus PWM-Daten (12) in einem ersten PWM-Modulator (15), welcher mit einem vorbestimmten Systemtakt (14) getaktet und mit einer vorbestimmten PWM-Pulsrate (13) getriggert wird;

Erzeugen eines digitalen PWM-Signals (19) aus den PWM-Daten (12) in einem zweiten Pulsweitenmodulator (17), welcher mit dem frequenzvariablen Systemtakt (18) getaktet und mit der vorbestimmten PWM-Pulsrate (13) getriggert wird;

Verstärken des digitalen PWM-Signals (19) in der Verstärkereinrichtung (20);

Bestimmen einer Verstärkerabweichung (27) aus dem digitalen PWM-Referenzsignal (16) und einem verstärkten digitalen PWM-Signal (23) in einer Summationseinrichtung (25);

Erzeugen einer Regelgröße (29) aus der Verstärkerabweichung (27) in einer Regeleinrichtung (28);

Zuführen der Regelgröße (29) an einen Steuereingang einer frequenzvariablen Einrichtung (30); und

Erzeugen des frequenzvariablen Systemtakts (18) in der frequenzvariablen Einrichtung (30).

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die PWM-Daten (12) aus einem digitalen Signal (10) in einer digitalen Schaltung (11) erzeugt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass aus dem digitalen Signal (10), vorzugsweise einem PCM-modulierten digitalen Audio-Signal, die PWM-Daten (12) derart in der digitalen Schaltung (11) erzeugt werden, daß mit jedem Takt der vorbestimmten PWM-Pulsrate (13) eine quantisierte PWM-Information berechnet wird.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die frequenzvariable Einrichtung (30) ein VCO oder CCO ist, welcher vorzugsweise ebenfalls mit der vorbestimmten PWM-Pulsrate (13) synchronisiert wird.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass das digitale PWM-Referenzsignal (16) und/oder das verstärkte digitale PWM-Signal (23) eine Filtereinrichtung (24; 26) durchlaufen, bevor die Verstärkerabweichung (27) ermittelt wird.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die Verstärkereinrichtung (20) mit einer H-Brückenschaltung und/oder als Klasse D Verstärker ausgelegt ist.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die Regeleinrichtung (28) derart ausgelegt wird, daß die Regelgröße (29) die Frequenz der frequenzvariablen Einrichtung

(30) so einstellt, daß die Differenz zwischen dem digitalen PWM-Referenzsignal (16) und dem verstärkten digitalen PWM-Signal (23) minimal wird.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das verstärkte digitale PWM-Signal (23) einem akustischen Schallwandler (32), vorzugsweise über eine Filtereinrichtung (31) wie insbesondere einem Tiefpassfilter, zugeführt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein Lautsprechersignal (33), vorzugsweise gefiltert über eine weitere Filtereinrichtung (26), ebenfalls zum Ermitteln der Verstärkerabweichung (27) aus dem digitalen PWM-Referenzsignal (16) und dem verstärkten digitalen PWM-Signal (23) eingesetzt wird.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der frequenzvariable Systemtakt (18) mit dem vorbestimmten Systemtakt (14) in einem Phasendetektor (34) verglichen wird, um eine Phasendifferenz (36) zu ermitteln, welche in einer Filtereinrichtung (35) gefiltert und dann zur Regelgröße (29) addiert wird.

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der frequenzvariable Systemtakt (18) mit dem vorbestimmten Systemtakt (14) in einem Phasendetektor (34) verglichen wird, um eine Phasendifferenz (36) zu ermitteln, welche zur Regelgröße (29) addiert und in einer zusätzlichen Filterein-

richtung (35) gefiltert wird, um am Steuereingang der frequenzvariablen Einrichtung (30) angelegt zu werden.

12. Verfahren nach Anspruch 10,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Phasendifferenz (36) der frequenzvariablen Einrichtung (30), vorzugsweise einem VCO, über einen Modulationseingang zugeführt wird.

13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Frequenz des frequenzvariablen Systemtakts (18) des digitalen PWM-Modulators (17) zeitkontinuierlich variiert wird.

14. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Frequenz des frequenzvariablen Systemtakts (18) des digitalen PWM-Modulators (17) zeitdiskret variiert wird.

15. Vorrichtung zur Korrektur von Signalverzerrungen in einer Verstärkerschaltung (20) mit:

einem ersten Pulsweiten-Modulator (15) zum Erzeugen eines digitalen PWM-Referenzsignals (16) aus PWM-Daten (12), welcher mit einem vorbestimmten Systemtakt (14) getaktet und mit einer vorbestimmten PWM-Pulsrate (13) getriggert wird;

einem zweiten Pulsweiten-Modulator (17) zum Erzeugen eines digitalen PWM-Signals (19) aus den PWM-Daten (12), welcher mit einem frequenzvariablen Systemtakt (18) getaktet und mit der vorbestimmten PWM-Pulsrate (13) getriggert wird;

der Verstärkereinrichtung (20) zum Verstärken des digitalen PWM-Signals (19);

einer Einrichtung (25) zum Bestimmen einer Verstärkerabweichung (27) aus dem digitalen PWM-Referenzsignal (16) und einem verstärkten digitalen PWM-Signal (23);

einer Regeleinrichtung (28) zum Erzeugen einer Regelgröße (29) aus der Verstärkerabweichung (27); und

eine frequenzvariable Einrichtung (30) zum Erzeugen des frequenzvariablen Systemtakts (18) aus der Regelgröße (29).